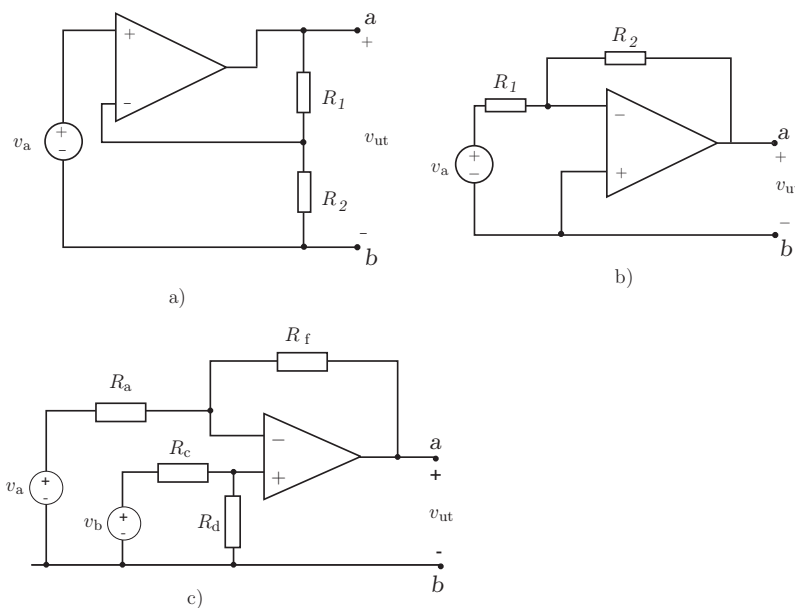


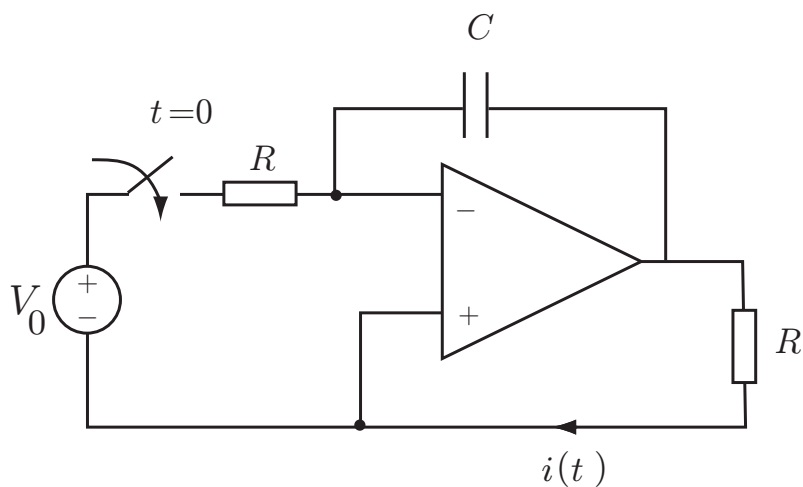
## 1



a) Bestäm  $v_{ut}$  för de tre OP-kopplingarna.  $v_a$ ,  $v_b$  och samtliga resistanser är kända. Operationsförstärkarna är ideala.

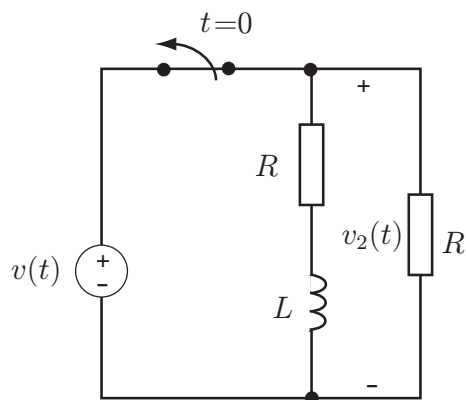
b) Antag att du har en signal som ges av  $v_1(t) = v_m(t) + v_k(t)$  och en signal som ges av  $v_2(t) = v_m(t)$ . Du vill få bort  $v_m(t)$  i din utsignal samt förstärka  $v_k(t)$  med en faktor 10. Vilken av de tre kopplingarna är bäst att använda? Ange hur du kan koppla in dina signaler och ge lämpliga värden på de resistanser du använder.

## 2



Operationsförstärkaren kan ge maximalt utspänning, d.v.s.  $|v_{\text{ut}}| \leq 10$  V utspänning. Den kan antas vara ideal innan den maximala utspänningen nås. Spänningskällan ger spänningen  $V_0 = 2$  V och  $R = 1$  k $\Omega$  och  $C = 0.1$  mF. Bestäm strömmen  $i(t)$  för  $t > 0$  och rita en graf över strömmen som funktion av tiden.

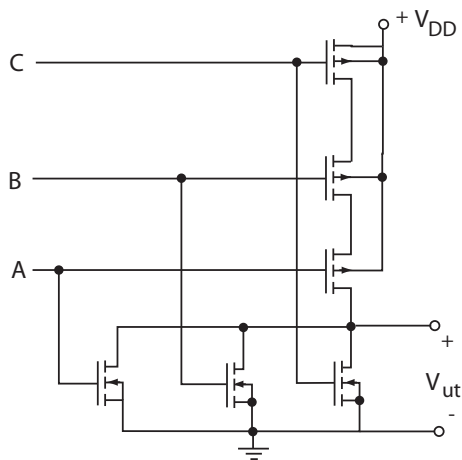
### 3



Induktansen  $L$  är vald så att  $\omega L = R_1$ .

- Antag att spänningskällan är en likspänningskälla och att kontakten öppnas vid  $t = 0$ . Bestäm  $v_2(t)$  för  $t > 0$ .
- Antag att spänningskällan ger växelspänningen  $v(t) = V_0 \sin \omega t$  och att kontakten öppnas vid  $t = 0$ . Bestäm  $v_2(t)$  för  $t > 0$ .

### 4



$V_{\text{DD}}$  är större än transistorernas tröskelspänningar.

- a) Bestäm sanningstabellen för kretsen.
- b) Ange vilka transistorer som är NMOS och vilka som är PMOS i kretsen.
- c) Beskriv hur NMOS transistorerna fungerar när  $V_{GS} = 0$  respektive  $V_{GS} = V_{DD}$ . Beskriv hur PMOS transistorerna fungerar när  $V_{GS} = 0$  respektive  $V_{GS} = V_{DD}$ .

## Lösningar

### 1

- a) Det vanliga kraven på en ideal operationsförstärkare är att  $v_p = v_n$  och  $i_p = i_n = 0$ . Tillsammans med nodanalys ger det  $v_{ut}$

Svar:

För a) gäller  $v_{ut} = (1 + R_1/R_2)v_a$

För b) gäller  $v_{ut} = -R_2/R_1 v_a$

För c) gäller  $v_{ut} = \frac{R_a + R_f}{R_a} \frac{R_d}{R_d + R_c} v_b - \frac{R_f}{R_a} v_a$

- b) För att  $v_m$  skall försvinna väljer vi att  $\frac{R_a + R_f}{R_a} \frac{R_d}{R_d + R_c} = \frac{R_f}{R_a}$ . Det ger  $\frac{R_c}{R_d} = \frac{R_a}{R_f}$ . Eftersom  $v_k$  skall förstärkas med en faktor 10 låter vi  $\frac{R_c}{R_d} = \frac{R_a}{R_f} = 0.1$ . Vi kopplar in  $v_1$  som  $v_b$  och  $v_2$  som  $v_a$ .

### 2

Eftersom kretsen är en integrator fås utspänningen

$$v_{ut}(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t V_0 dt = -V_0 \frac{t}{RC}$$

så länge  $|v_{ut}(t)| \leq 10$  V Motsvarande ström ges av

$$i(t) = \frac{v_{ut}(t)}{R} = -V_0 \frac{t}{R^2 C}$$

Tidpunkten när utspänningen når 10 V ges av

$$V_0 \frac{t}{RC} = 10 \Rightarrow t = RC \frac{10}{V_0} = 0.5 \text{ s}$$

efter det blir strömmen  $i(t) = -10/R$

Svar: Strömmen ges av

$$i(t) = \begin{cases} -0.02t \text{ A, för } 0 < t < 0.5 \text{ s} \\ -0.01 \text{ A, för } t > 0.5 \text{ s} \end{cases}$$

### 3

Låt strömmen genom spolen vara  $i_L(t)$  med referensriktning nedåt i spolen. För  $t > 0$  får vi en  $RL$ -krets med begynnelsevillkoret  $i_L(0) = \frac{V_0}{R}$ . Differentialekvationen som bestämmer strömmen är

$$L \frac{di_L(t)}{dt} + 2Ri_L(t) = 0$$

Lösningen ges av

$$i_L(t) = i_L(0)e^{-t/\tau} = \frac{V_0}{R}e^{-t/\tau}$$

där  $\tau = L/2R$ . Spänningen  $v_2(t)$  ges av

$$v_2(t) = -Ri_L(t) = -V_0e^{-t/\tau}$$

b) Kontakten öppnas vid tidpunkten  $t = 0$  och före det råder ett stationärt tillstånd. För  $t < 0$  kan vi bestämma strömmen genom spolen mha  $j\omega$ -metoden. Denna ger

$$I_L = \frac{V_0}{R + j\omega L} = \frac{V_0}{R(1 + j)} = \frac{V_0}{\sqrt{2}R}e^{-j\pi/4}$$

Motsvarande tidsberoende ström är

$$i_L(t) = \frac{V_0}{\sqrt{2}R} \sin(\omega t - \pi/4)$$

.

Strömmen  $i_L(t)$  ges för  $t > 0$  av

$$i_L(t) = i_L(0)e^{-(t-t_1)/\tau} = -\frac{V_0}{\sqrt{2}R} \sin(\pi/4)e^{-(t-t_1)/\tau} = -\frac{V_0}{2R}e^{-(t-t_1)/\tau}$$

Spänningen  $v_2(t)$  ges för  $t > 0$  av

$$v_2(t) = -Ri_L(t) = \frac{V_0}{2}e^{-t/\tau}$$

**4**

a) Kretsen är en NOR gate.

Sanningstabellen blir följande:

A	B	C	$V_{ut}$
0	0	0	1
1	0	0	0
1	1	0	0
1	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
0	0	1	0
1	1	1	0

b) De tre övre är PMOS och de tre undre NMOS.

c) För NMOS gäller att kanalen under gaten är ledande om  $V_{GS} = V_{DD}$  och strypt om  $V_{GS} = 0$ . För PMOS är det tvärtom.